

FEM-SIMULATION IN DER INDUSTRIELLEN ANWENDUNG

G.H. Arfmann, M. Twickler

CPM GmbH, Herzogenrath, Deutschland*

ZUSAMMENFASSUNG: Der Vortrag befasst sich mit dem industriellen Einsatz der Simulation beim Schmieden. Es werden Anwendungsbeispiele aus der Praxis dargestellt und die Arbeitsweise zur Lösung von Problemen erläutert. Dabei werden jeweils das Problem selbst und das systematische Vorgehen zur Optimierung, sowie die Lösung beschrieben. In dieser schriftlichen Version wird nur auf einige Beispiele eingegangen. Im Vortrag werden weitere Beispiele erläutert. Die jeweiligen Materialien können den Teilnehmern aber in elektronischer Form verfügbar gemacht werden.

ABSTRACT: The presentation will show examples of the industrial application of simulation in forging. Real applications from industry will be presented and the problems and the systematic way to solve them by means of simulation will be explained. In this written text only some examples will be presented. Other cases that will be shown in the seminar can be provided to the participants in electronic form.

SCHLÜSSELWÖRTER: Warm- und Kaltumformung, Simulation, Materialdaten, Randbedingungen, Fließkurven

1 EINLEITUNG

Die Simulation mit Hilfe der Finite Elemente Methode (FEM) wird in der Schmiedeindustrie seit nunmehr rund 20 Jahren mit zunehmendem Erfolg eingesetzt. Schwerpunkt ist dabei die Auslegung neuer Prozesse, aber auch das Optimieren bestehender Prozesse und die Verbesserung der Werkzeugauslegung. Dabei ist die Simulation nicht das Heilmittel für falsche Technologie, sie ist vielmehr ein inzwischen ausgereiftes und zuverlässiges Hilfswerkzeug des Umformtechnikers, der seinen Prozess und die verwendete Technologie kennt, zur besseren und schnelleren Entwicklung. Dabei müssen dem Fachmann die Randbedingungen und Grenzen der Simulation bekannt und begreifbar sein, um Fehlanwendungen zu vermeiden. Dies trifft insbesondere auf die verwendeten Werkstoffe und deren Materialdaten zu. Fließkurven spielen dabei eine entscheidende Rolle.

2 DAS ARBEITEN MIT DER FEM

Wichtig ist es, dass der Umformtechniker die Randbedingungen seines Prozesses kennt und versteht, wie diese in der FEM umgesetzt werden. Die Genauigkeit der Ergebnisse hängt neben der exakten Beschreibung der vorgesehenen Werkzeuge ganz entscheidend von der richtigen Wahl von Randbedingungen ab. Reibung, das Maschinenverhalten und die verwendeten Materialdaten müssen sorgfältig und realistisch beschrieben sein. Nicht zuletzt muss der Umformtechniker in der Lage sein, die von der FEM bereitgestellten Ergebnisse richtig zu interpretieren.

2.1 PRODUKTION EINES VENTILFEDERTELLERS

Das erste Beispiel befasst sich mit der Produktion eines Ventildfederellers.

Der Produktionsbetrieb hatte solche Bauteile bereits seit langem produziert und hatte keine besonderen Schwierigkeiten erwartet. Es wurde der Prozess gemäß den vorhandenen Erfahrungen ausgelegt und die Produktion lief an. Zur Überraschung der Ingenieure versagte aber der Stempel in der fünften Umformstufe bereits nach einigen tausend produzierten Teilen.

Daraufhin entschloss man sich, den Prozess simulieren zu lassen (es war die erste Anwendung von FEM in diesem Werk vor 15 Jahren – inzwischen ist die Analyse mit Hilfe der FEM zum Standard geworden).

* Kaiserstrasse 100, 52134 Herzogenrath, Deutschland, Tel. +49 2407 95940, Fax: +49 2407 959466, CPM@CPMGMBH.COM



Abbildung 1: Stadiengang zur Fertigung des Ventildertellers



Abbildung 2: Versagen des Stempels

Die Simulation zeigte zunächst, dass das Bauteil korrekt gefertigt werden konnte.

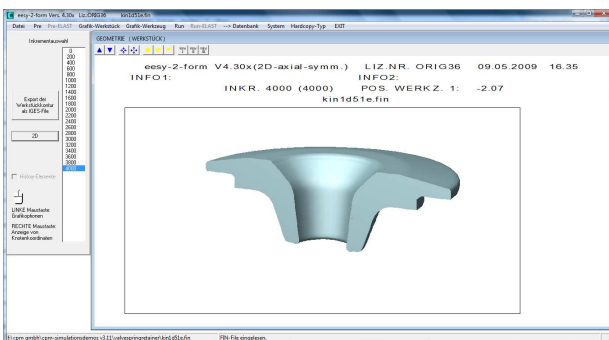


Abbildung 3: Geometrie des Ventildertellers (FEM)

Um der Frage des Versagens des Stempels nachzugehen, wurde dann der Stempel elastisch gerechnet. Es wurde versucht, aus den auftretenden Spannungen im Werkzeug weitere Erkenntnisse zu gewinnen.

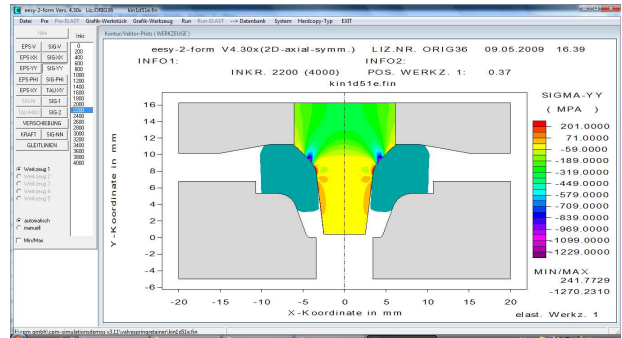


Abbildung 4: Elastische Analyse des Stempels

Diese Rechnung zeigte eine Konzentration positiver Spannungen an der Versagensstelle. Ursache war der nicht vollständige Kontakt zwischen Werkzeug und Werkstück, so dass sich lokale Zugspannungen ergaben. Die daraus resultierende zyklische Belastung im Prozess führte zur Ermüdung des Werkstoffes.

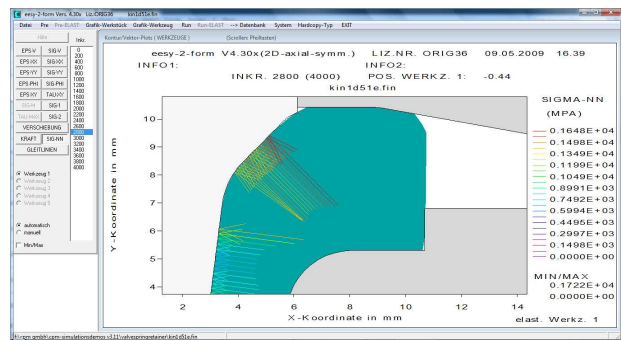


Abbildung 5: Ungleichmäßige Belastung des Stempels

Eine Änderung der Vorform führte zu homogenem Werkzeugkontakt während des Prozesses, so dass keine lokalen Zugspannungen mehr auftraten. Die Standzeit des Stempels konnte dadurch auf über 100.000 Teile erhöht werden.

2.2 FERTIGUNG EINE PANCAKES

Dieses Beispiel zeigt, wie auch eine in der Simulation erfahrene Firma durch Verwendung unzureichender Materialdaten zu falschen Ergebnissen gelangen konnte. Natürlich wird auch gezeigt, dass die Simulation bei Verwendung ausreichender Daten richtige Voraussagen macht. Dieses Beispiel zeigt insbesondere die Notwendigkeit der Verwendung hochwertiger Daten bei der Simulation. Dies wird aus Kostengründen oft vernachlässigt.

Zunächst wurde der Produktionsprozess routinemäßig berechnet und die Produktion freigegeben.

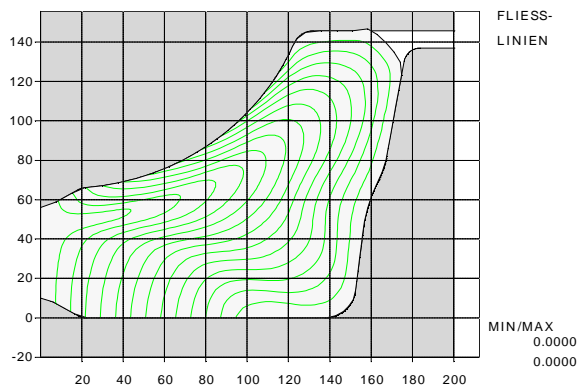


Abbildung 6: Fließlinien im Pancake

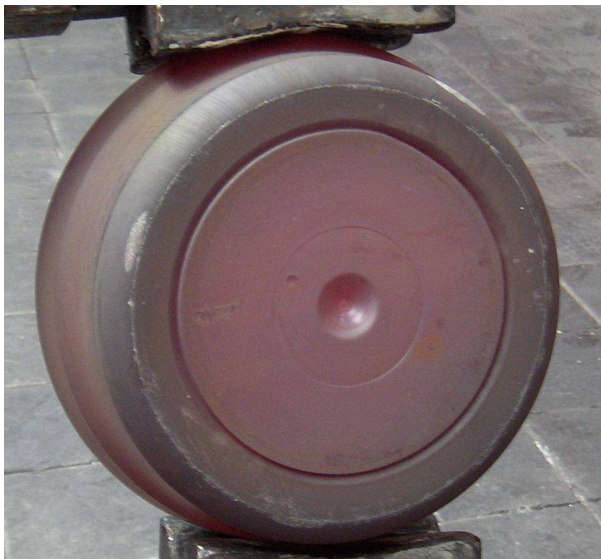


Abbildung 7: Resultat des Schmiedens

Entgegen der Voraussage der Simulation bildet sich eine deutliche Falte am Schmiedeteil. Weitere Auswertungen der Simulation zeigten ein starkes lokales Abkühlen im betroffenen Bereich während der Umformung, so dass das Augenmerk auf die verwendeten Fließkurven fiel. Diese waren im entsprechenden Temperaturbereich nicht vermessen und nur abgeschätzt worden.

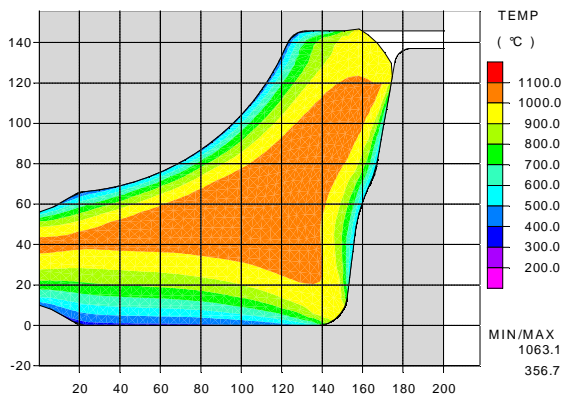


Abbildung 8: Temperaturverteilung in der Simulation

Aufgrund dieses Befunds wurden die Materialdaten im niedrigen Temperaturbereich ergänzt. Eine erneute Simulation zeigte dann das reale Verhalten.

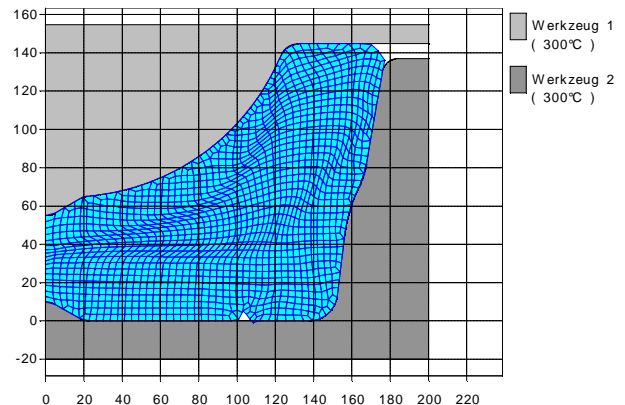


Abbildung 9: Resultat nach erfolgreicher Korrektur

Variationen mit den nun korrekten Materialdaten erlaubten dann eine korrekte Prozessauslegung.

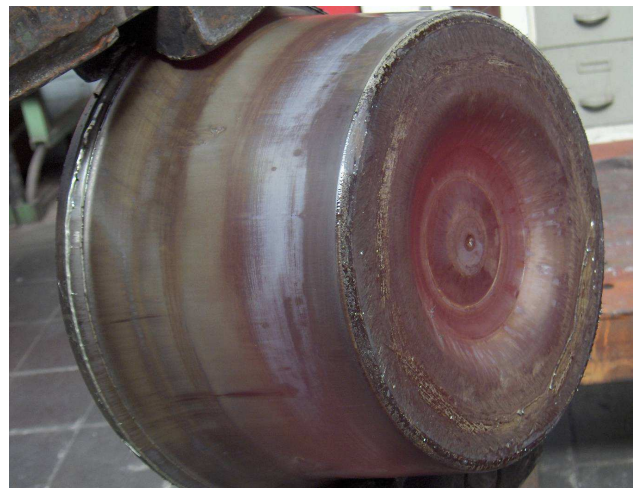


Abbildung 10: Schmiedeergebnis nach geänderter Auslegung

3 FLIESSKURVEN

Das letzte Beispiel hat die Bedeutung der Fließkurven für die Simulation anschaulich dargestellt. Viele Firmen, die Simulation einsetzen, kämpfen mit diesem Problem. Die Daten, die verfügbar sind, sind nicht vollständig oder nicht genau genug.

Diese Erkenntnis hat zu einer Aktivität der German Cold Forging Group (GCFG) zusammen mit dem Industrieverband Massivumformung (IMU) geführt, die als Ziel hatte, die Qualität der verfügbaren Fließkurven zu verbessern.

Die Studie, an der Industrie und namhafte Forschungseinrichtungen in Deutschland teilnahmen, hat zunächst den sehr schlechten Standard bei der Ermittlung solcher Daten bestätigt.

zur Verbesserung solche Daten, ohne die eine Simulation mit der FEM nicht genau sein kann.

Abbildung 11 zeigt beispielhaft die Ergebnisse eines Vergleichs der ermittelten Daten an verschiedenen Einrichtungen für die gleichen Parameter nach dem jeweiligen Stand der Technik.

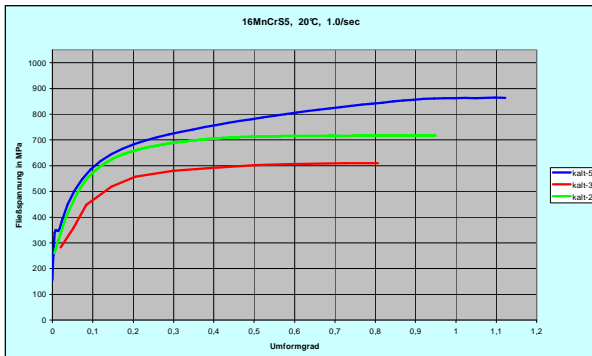


Abbildung 11: Fließkurven aus verschiedenen Quellen

In Kooperation der beteiligten Industriefirmen, der Hochschulinstitute und CPM GmbH ist es nun gelungen eine gemeinsame Richtlinie zu erarbeiten, die es erlaubt gleiche und wesentlich genauere Daten von den Forschungseinrichtungen zu erhalten.

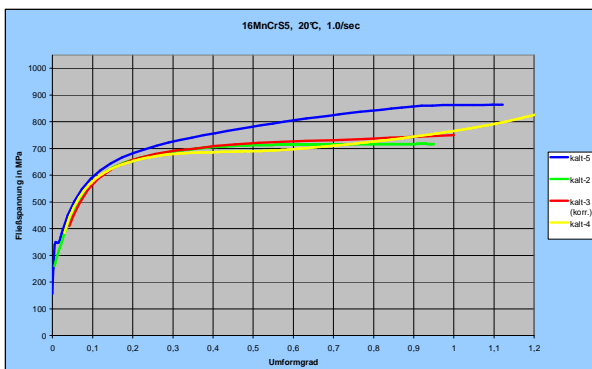


Abbildung 12: Fließkurven besserer Qualität aus verschiedenen Quellen

Abbildung 12 zeigt die Ergebnisse einer vergleichenden Messung unter Anwendung der erarbeiteten Richtlinie.

Die Ergebnisse der Ermittlungen an den verschiedenen Forschungseinrichtungen stimmen jetzt wesentlich besser überein.

Die enthaltene blaue Kurve stellt eine Weiterverarbeitung zur Korrektur der Erwärmung dar und weicht deshalb von den anderen ab.

Mit der Erstellung dieser Richtlinie dürfte ein wesentlicher Schritt zur Verbesserung der Ergebnisse von Fließkurvenaufnahmen und damit von Simulationsergebnissen getan sein. Dennoch gibt es weiteren Bedarf

DANKSAGUNG

Wir möchten unseren Kunden, insbesondere der Firma Leistriz Turbinenkomponenten Remscheid GmbH, der GCFG sowie dem IMU für Ihre freundliche Unterstützung unserer Arbeit und damit auch dieses Beitrags danken.